



(19)

(11) Publication number:

11145111 A

Generated Document

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 09302532

(51) Int'l. Cl.: H01L 21/3065

(22) Application date: 05.11.97

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 28.05.99

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRON CORP

(72) Inventor: JIWARI NOBUHIRO  
IMAI SHINICHI

(74) Representative:

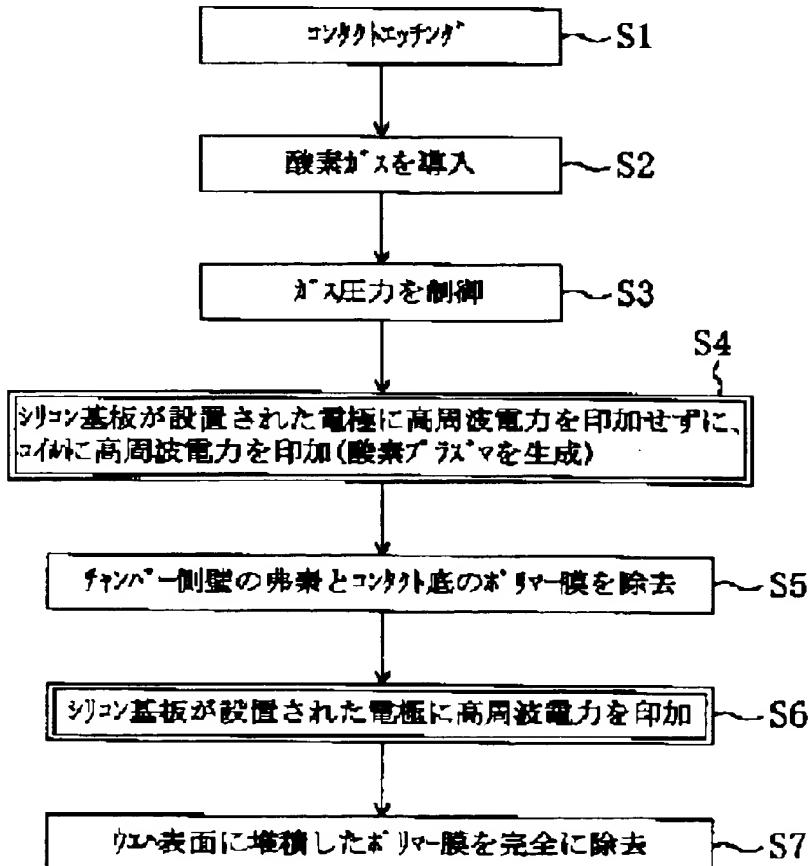
**(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To remove a polymer film deposited on the bottom of a contact hole while preventing contact resistance from increasing.

**SOLUTION:** A plasma generated from a gas containing fluorocarbon gas is used to etch an oxide film while applying bias voltage to a substrate (step 1). Oxygen gas is introduced in a reaction chamber (step 2), the gas pressure is conditioned (step 3), oxygen plasma is generated (step 4), and then fluorine removing process is performed, in which fluorine is removed from the reaction chamber without applying bias voltage to the substrate (step 5). Next, oxygen plasma process is performed in which oxygen plasma is used to remove residual polymer on the substrate, while applying bias voltage to the substrate (step 6, 7).

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-145111

(43)公開日 平成11年(1999)5月28日

(51)Int.Cl.  
H 01 L 21/3065

識別記号

F I  
H 01 L 21/302

N

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-302532

(22)出願日 平成9年(1997)11月5日

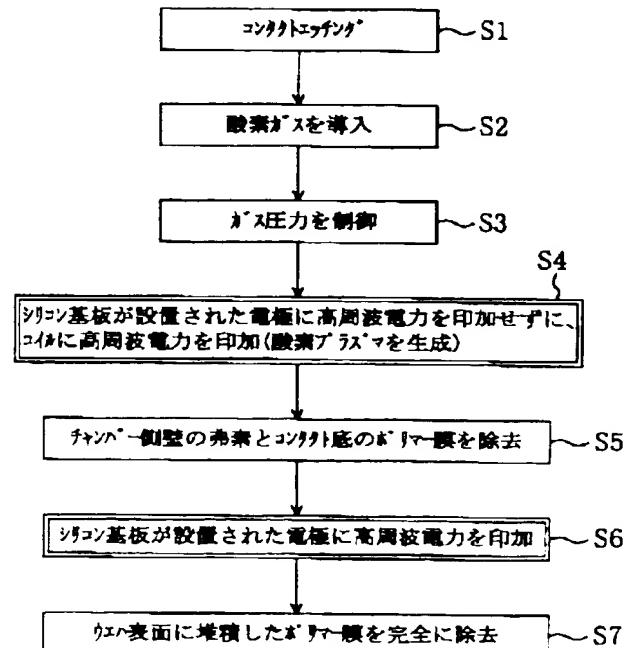
(71)出願人 000005843  
松下電子工業株式会社  
大阪府高槻市幸町1番1号  
(72)発明者 地割 信浩  
大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内  
(72)発明者 今井 伸一  
大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内  
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【課題】 コンタクト抵抗の増加を防止しながらコンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去する。

【解決手段】 基板にバイアス電圧を与えながら、フルオロカーボンガスを含むガスから生成したプラズマを用いて酸化膜をエッチングする(ステップS1)。反応室に酸素ガスを導入し(ステップS2)、ガス圧力を調整(ステップS3)した後、酸素プラズマを生成し(ステップS4)、基板にバイアス電圧を与えない状態で反応室からフッ素を除去するフッ素除去処理工程を行う(ステップS5)。次に、基板にバイアス電圧を印加しながら、酸素プラズマを用いて基板上に残存するポリマーを除去する酸素プラズマ処理工程を行う(ステップS6、7)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン領域を少なくとも表面に有する基板上に酸化膜を形成する工程と、前記酸化膜上にレジストパターンを形成する工程と、プラズマエッティング装置の反応室内に設けられた電極上に前記基板を配置し、前記基板にバイアス電圧を与えないながら、フルオロカーボンガスを含むガスから生成したプラズマを用いて前記酸化膜をエッティングする工程と、前記基板にバイアス電圧を与えない状態で、前記反応室内に酸素プラズマを生成し、それによって前記反応室からフッ素を除去するフッ素除去処理工程と、を包含することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記フッ素除去処理工程の後、前記基板にバイアス電圧を印加しながら、前記酸素プラズマを用いて前記基板上に残存するポリマーを除去する酸素プラズマ処理工程を更に包含することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記フッ素除去処理工程から前記酸素プラズマ処理工程への切り替えは、前記酸素プラズマを生成しながら、前記電極にバイアス電圧を印加することによって実行することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記フッ素除去処理工程において、酸素ガスを前記反応室内に供給し、前記酸素ガスの圧力を制御する工程を更に包含することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記フッ素除去処理工程において、酸素ガスを前記反応室内に段階的に增量しながら供給することを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記酸素プラズマに含まれる特定の原子または分子の発光スペクトル強度を測定し、測定された発光スペクトル強度に基づいて、前記バイアス電圧の印加タイミングを決定することを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記測定される発光スペクトル強度が所定値以下になった後、前記電極へ高周波電圧を印可し、それによって前記バイアス電圧を前記基板に印加することを特徴とする請求項6に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 前記特定の原子は、フッ素、炭素、酸素、一酸化炭素または二酸化炭素であることを特徴とする請求項6または7に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記発光スペクトル強度は、フッ素原子からの波長 685.6 nm の発光であることを特徴とする請求項6または7に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記反応室のガス圧力を制御するバルブの開度を測定し、前記開度に基づいて、前記バイアス電圧の印加タイミングを決定することを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記開度が一定になったとき、前記電極へ高周波電圧を印可し、それによって前記バイアス電圧を前記基板に印加することを特徴とする請求項10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】 前記電極の電圧を測定し、測定される電圧に基づいて、前記バイアス電圧の印加タイミングを決定することを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項13】 前記電圧が一定レベルに低下したとき、前記電極へ高周波電圧を印可し、それによって前記バイアス電圧を前記基板に印加することを特徴とする請求項12に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項14】 前記基板にバイアス電圧を印可するとき、前記電極に電力密度が  $8 \text{ kW/m}^2$  以下の高周波電力を印可することを特徴とする請求項1から13の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 前記プラズマエッティング装置は、誘導結合プラズマエッティング装置、ヘリコン波プラズマエッティング装置、電子サイクロトロン共鳴プラズマエッティング装置源および二周波型容量結合プラズマエッティング装置の何れかであることを特徴とする請求項1から13の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項16】 前記フルオロカーボンガスは、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 、 $\text{CH}_3\text{F}$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$  および  $\text{C}_5\text{F}_8$  からなる群から選択されたガスであることを特徴とする請求項1から13の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項17】 前記基板は、シリコン基板であることを特徴とする請求項1から13の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項18】 前記酸化膜をエッティングする工程は、前記シリコン基板に形成されたシリコンサイド層に達するコンタクトホールを前記酸化膜に形成する工程であることを特徴とする請求項17に記載の半導体装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置の製造方法に関し、特に、酸化シリコン膜のドライエッティング工程を包含する半導体装置の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体デバイスのサイズ縮小に伴い、コンタクト寸法は小さくなっているにもかかわらず、層間絶縁膜の厚さは薄くなっていない。したがって、コンタクト寸法に対する絶縁膜厚の比（アスペクト比）は著しく増加してきている。このため高アスペクト比コンタクトホールをエッティングにより形成する技術の確立が重要となっている。

【0003】 高アスペクト比のコンタクトホールをエッティングするため、一分子中に含まれる炭素に対するフッ

素の割合が比較的に小さなフルオロカーボンガスを用いたプラズマによるドライエッチング技術が積極的に研究開発されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のようなフルオロカーボンガスのプラズマを用いてコンタクトホールを形成する場合、フォトレジストに対する選択比を高くすると、コンタクトホールの底部に炭素およびフッ素を主成分とするポリマー膜が堆積する。このポリマー膜を除去しないまま、コンタクトホール内に導電性部材を埋め込むことによってコンタクトを形成すると、良好なコンタクトが形成できない。そのため、酸素プラズマを用いてポリマー膜を除去する方法が提案されている。しかしながら、コンタクトホール底部からポリマー膜を除去するために酸素プラズマによる処理を行うと、そのためにコンタクト抵抗がかえって増大してしまうことを本願発明者は見いだした。

【0005】本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、コンタクト抵抗の増加を防止しながらコンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去することのできる工程を包含する半導体装置の製造方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、シリコン領域を少なくとも表面に有する基板上に酸化膜を形成する工程と、前記酸化膜上にレジストパターンを形成する工程と、プラズマエッチング装置の反応室内に設けられた電極上に前記基板を配置し、前記基板にバイアス電圧を与えるながら、フルオロカーボンガスを含むガスから生成したプラズマを用いて前記酸化膜をエッチングする工程と、前記基板にバイアス電圧を与えない状態で、前記反応室内に酸素プラズマを生成し、それによって前記反応室からフッ素を除去するフッ素除去処理工程とを包含する。

【0007】前記フッ素除去処理工程の後、前記基板にバイアス電圧を印加しながら、前記酸素プラズマを用いて前記基板上に残存するポリマーを除去する酸素プラズマ処理工程を更に包含することが好ましい。

【0008】前記フッ素除去処理工程から前記酸素プラズマ処理工程への切り替えは、前記酸素プラズマを生成しながら、前記電極にバイアス電圧を印加することによって実行することが好ましい。

【0009】前記フッ素除去処理工程において、酸素ガスを前記反応室内に供給し、前記酸素ガスの圧力を制御する工程を更に包含することが好ましい。

【0010】前記フッ素除去処理工程において、酸素ガスを前記反応室内に段階的に增量しながら供給してもよい。

【0011】前記酸素プラズマに含まれる特定の原子または分子の発光スペクトル強度を測定し、測定された発

光スペクトル強度に基づいて、前記バイアス電圧の印加タイミングを決定してもよい。

【0012】前記測定される発光スペクトル強度が所定値以下になった後、前記電極へ高周波電圧を印可し、それによって前記バイアス電圧を前記基板に印加するようにしてもよい。

【0013】前記特定の原子は、フッ素、炭素、酸素、一酸化炭素または二酸化炭素であることが好ましい。

【0014】前記発光スペクトル強度は、フッ素原子からの波長 685. 6 nm の発光であってもよい。

【0015】前記反応室内のガス圧力を制御するバルブの開度を測定し、前記開度に基づいて、前記バイアス電圧の印加タイミングを決定してもよい。

【0016】前記開度が一定になったとき、前記電極へ高周波電圧を印可し、それによって前記バイアス電圧を前記基板に印加するようにしてもよい。

【0017】前記電極の電圧を測定し、測定される電圧に基づいて、前記バイアス電圧の印加タイミングを決定してもよい。

【0018】前記電圧が一定レベルに低下したとき、前記電極へ高周波電圧を印可し、それによって前記バイアス電圧を前記基板に印加するようにしてもよい。

【0019】前記基板にバイアス電圧を印可するとき、前記電極に電力密度が 8 kW/m<sup>2</sup> 以下の高周波電力を印可することが好ましい。

【0020】前記プラズマエッチング装置は、誘導結合プラズマエッチング装置、ヘリコン波プラズマエッチング装置、電子サイクロトロン共鳴プラズマエッチング装置源および二周波型容量結合プラズマエッチング装置の何れかであることが好ましい。

【0021】前記フルオロカーボンガスは、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>F、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> および C<sub>5</sub>F<sub>8</sub> からなる群から選択されたガスであることが好ましい。前記基板は、シリコン基板であってもよい。

【0022】前記酸化膜をエッチングする工程は、前記シリコン基板に形成されたシリコンサイド層に達するコンタクトホールを前記酸化膜に形成する工程であってよい。

## 【0023】

【発明の実施の形態】本願発明者は、コンタクト抵抗増加の原因が拡散層の過剰なエッチングにあり、その過剰なエッチングは、反応室内に残るフッ素が酸素プラズマ処理中にシリコン基板に到達することで進行することを見いだした。また、本願発明者は、酸素プラズマ中のフッ素が反応室内壁に堆積したポリマー膜から供給されることを見いだした。

【0024】以下、図1(a)から(d)を参照しながら、この現象を説明する。図1(a)から(d)は、酸素プラズマ中のフッ素により拡散層がエッチングされる理由を示すモデル図である。

【0025】図1(a)は、ドライエッティングによって酸化シリコン膜2にコンタクトホール5が形成された状態のシリコン基板4の断面を示している。酸化シリコン膜2上には、レジストパターン1が形成されおり、レジストパターン1の表面およびコンタクトホール5の底部には、それぞれ、ポリマー膜6および7が堆積している。ポリマー膜6および7は、酸化シリコン膜をエッティングする過程で形成されたものである。コンタクトホール5の底部からポリマー膜6を除去するために、エッティング装置の反応室内で酸素プラズマが生成され、シリコン基板4にバイアス電圧が印加される。図1(a)は、ポリマー膜6を除去するために酸素プラズマの放電を開始した直後の様子を示している。

【0026】図1(a)に示されるように、酸素プラズマ中には、酸素8および酸素イオン9の他に、フッ素10およびフッ素イオン11が存在する。フッ素10は、コンタクトエッティング中に反応室の内壁に付着していたフッ素が内壁から離脱してきたものと考えられる。

【0027】シリコン基板4にバイアス電圧を印加すると、酸素8および酸素イオン9によってポリマー膜6および7がエッティングされはじめる。図1(b)に示されるように、コンタクトホール5の底部のポリマー膜6が完全に除去されると、フッ素10およびフッ素イオン11による拡散層3のエッティングが開始する。

【0028】酸素プラズマが生成されている間も、エッティング装置の反応室には酸素ガスが供給され続ける一方、反応室からの排気も継続的に行われる。そのため、反応室のフッ素は徐々に減少する。

【0029】図1(c)に示されるように、酸素プラズマ中からフッ素が無くなると、拡散層のエッティングは停止し、ポリマー膜7のエッティングだけが酸素8および酸素イオン9によって進行する。こうして、図1(d)に示されるように、ポリマー膜7も完全に除去される。

【0030】このように、コンタクトホール5の底部のポリマー膜6を酸素プラズマを用いて除去する工程に付随して、酸素プラズマ中のフッ素10およびフッ素イオン11が拡散層3を深くエッティングしてしまう。このため、コンタクト抵抗は著しく増加する。

【0031】図2は、拡散層のエッティング量と酸素プラズマの放電時間との関係を示している。縦軸のマイナス値はコンタクトホール底部におけるポリマー膜の厚みを示し、プラス値は拡散層のエッティング量を示している。図2から明らかなように、酸素プラズマの放電開始後しばらくの間、拡散層のエッティングが急激に進行する。

【0032】本発明では、フッ素を酸素プラズマから除去することによって、コンタクト抵抗の増加を防止する。

【0033】以下、本発明の半導体装置の製造方法の実施形態を説明する。

【0034】(第1の実施形態)まず、図3を参照しな

がら、本発明の実施に用いるドライエッティング装置を説明する。図3に示される装置は、誘導結合型プラズマを用いたエッティング装置である。誘導結合型プラズマ装置は比較的に低いガス圧で高密度プラズマを生成できる装置として最近注目されている。

【0035】図3の装置は、内部でドライエッティング処理を行う反応室(反応チャンバー)37を備えている。反応室37の外側壁は、反応室37内にプラズマを形成するための誘導コイル31で囲まれている。誘導コイル31は高周波電源32に接続され、高周波電源32から高周波電力の供給を受ける。

【0036】反応室37の下部には、被処理基板(シリコン基板36)を支持する下部電極33が設けられ、下部電極33は不図示のマッチャーを介して高周波電源34に接続され、高周波電源34から高周波電力の供給を受ける。このドライエッティング装置では、プラズマ生成用電源32とシリコン基板電圧印加用電源34とを独立に制御できる。

【0037】下部電極33の上面周辺領域には、不図示の石英リングが配置されている。反応室37の上部には、例えばシリコンから形成された上部電極35が設けられている。上部電極35は接地されている。

【0038】反応室37の排気口と外部との間には、圧力制御バルブ38、ターボ分子ポンプ39およびドライポンプ40が挿入されている。圧力制御バルブ38は、反応室37内の圧力を、例えば1 mTorrから100 mTorrまでの範囲内の一定値に維持するように動作する。

【0039】プラズマ化されるガス(エッティングガス)は、不図示のマスフローを介して各種のガスピボンベ41から反応室37内に供給される。充分な量のエッティングガスを反応室37に供給したら、反応室37の外側壁に配置された誘導コイル31に誘導コイル用高周波電源32から高周波電力を印加し、反応室37内にプラズマを生成する。本実施形態では、誘導コイル31に1000 W～3000Wの高周波電力を与え、密度が $10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高密度プラズマを形成することができる。

【0040】プラズマが安定的に形成された後、高周波電源34から下部電極33に高周波電力を印加することにより、シリコン基板36に自己バイアス電圧を与え、それによってプラズマから正電荷イオンをシリコン基板36に照射させる。こうして、反応性のプラズマエッティング処理が進行し、シリコン基板36上に形成された被エッティング膜がエッティングされることになる。なお、高周波電力の電力密度は $8 \text{ kW/m}^2$ 以下にすることが好ましい。

【0041】次に、図3に加えて、図4ならびに図5(a)および(b)を参照しながら、本実施形態における半導体装置の製造方法を説明する。

【0042】まず、図5(a)に示されるように、シリ

コン基板54（図3においては、参照番号「36」を付している。）上に化学的気相成長法でBPSG（BoroPhosphoSilicate Glass）膜52を堆積した後、公知のリソグラフィ技術によってBPSG膜52上にフォトレジストパターン51を形成する。フォトレジストパターン51は、形成すべきコンタクトホールの形状と位置を規定する開口部51aを有するように形成される。開口部51aは、シリコン基板54の表面に設けられた不純物拡散領域53の上方に位置するように形成される。不純物拡散領域53は、その表面がシリコンサイド層から形成されていてもよい。

【0043】次に、図3のプラズマエッティング装置の反応室37に設けられた下部電極33上に、上記シリコン基板36を配置した後、コンタクトエッティング工程（図4のステップS1）を実行する。図3を参照しながら、コンタクトエッティング工程を詳細に説明する。まず、エッティングを開始する前に、フルオロカーボンガスを主成分としたエッティングガスをガスボンベ41から反応室37内に導入し、コイル31に高周波電源32により高周波電力を印加する。エッティングガスとして、例えば、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>/CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>/Ar/CO/O<sub>2</sub>混合ガスを使用する。高周波電力の印加によって、反応室37内にはプラズマが生成される。この後、高周波電源34によって高周波電力を下部電極33に印加し、それによって、シリコン基板36に自己バイアス電圧を印可する。シリコン基板36がプラズマに対して負電位に帯電するため、プラズマ中の正電荷イオンがシリコン基板を照射する。

【0044】再び図5を参照する。リコン基板54上のBPSG膜52のうち、フォトレジストパターン51で覆われていない部分（開口部51aを介して露出する部分）がエッティングされ、図5（b）に示すように、BPSG膜52中にコンタクトホール55が形成される。コンタクトホール55は、シリコン基板54の不純物拡散領域53に到達する。コンタクトホール55の開口直後、コンタクトホール55の底部には、炭素とフッ素を主成分とするポリマー膜56が形成される。このポリマー膜56の厚さは、10から200nm程度であると考えられる。

【0045】次に、図4のステップS2を実行する。すなわち、反応室37内にガスボンベ41から酸素ガス反応室37内に導入する。そして、反応室37内の酸素ガス圧力を圧力制御バルブ38の開度を調節して制御する（図4のステップS3）。

【0046】ステップS4で、シリコン基板36が設置されている下部電極33に高周波電源34により高周波電力を印加しない状態で、コイル31に高周波電源32によって高周波電力を印加し、反応室37内に酸素プラズマを生成する。

【0047】この酸素プラズマを用いて、コンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去するとともに、反

応室内側壁に付着しているフッ素を除去する（ステップS5）。本実施形態では、このフッ素除去工程を40秒間続ける。

【0048】ステップS6で、シリコン基板36が設置された下部電極33に高周波電源34により高周波電力を印加する。そうすると、シリコン基板36に自己バイアス電圧が印加され、シリコン基板36が酸素プラズマから酸素イオンを引きつける。こうして、フォトレジストパターンの表面に堆積したポリマー膜を完全に除去する（ステップS7）。

【0049】このように、本実施形態によれば、酸素プラズマの生成開始直後40秒間はシリコン基板にバイアス電圧を印加せず、40秒経過してからシリコン基板にバイアス電圧を与えている。このようにする理由を以下に詳細に説明する。

【0050】図6のグラフは、フッ素除去工程のために形成した酸素プラズマの放電時間と酸素プラズマに含まれるフッ素の発光強度（発光波長：685.6nm）との関係を示している。図6のグラフからわかるように、放電開始後、時間の経過に伴ってフッ素の発光強度は減衰し、放電開始から40秒経過後に発光強度はゼロ（測定限度以下）となっている。すなわち、酸素プラズマ中のフッ素は、放電開始後40秒間で実質的に除去されたことがわかる。

【0051】図7のグラフは、拡散層53のエッティング量と酸素プラズマの放電時間と関係を示している。このグラフにおいて、縦軸のマイナス値は、コンタクトホール底部のポリマー膜の厚みを示し、プラス値は拡散層53のエッティング量を示している。図7から、酸素プラズマの放電が始まってから40秒経過後にポリマー膜がほぼ完全に除去されることがわかる。

【0052】以上のことから、酸素プラズマが生成されてから約40秒でポリマー膜が除去され、それと同時に、反応室のフッ素も除去されていることがわかる。この時点以降ならば、シリコン基板にバイアス電圧を与えて、フッ素およびフッ素イオンによる拡散層53のエッティングは生じない。本実施形態では、酸素プラズマ放電開始から40秒経過後に基板バイアスを印加しているが、図7からわかるように、放電開始から80秒経過しても、拡散層のエッティング量は10nm程度に抑えられている。

【0053】図8のグラフは、コンタクト抵抗と拡散層53のエッティング量との関係を示している。本実施形態のように、拡散層53のエッティング量が10nm程度に抑制されている場合、コンタクト抵抗の増加は観察されない。これに対して、酸素プラズマの放電開始直後から基板にバイアス電圧を印可する場合、ポリマー膜の除去に必要な時間（約40秒）の処理を行うと、拡散層が40nm程度もエッティングされる（図2）ため、図8から、コンタクト抵抗が著しく増加することがわかる。

【0054】このように、酸素プラズマ中のフッ素を除去するまでのあいだ、基板側の電極にバイアス電力の印加を中断することによって、拡散層のエッチングが抑制されることがわかる。以下に、その理由を、図9(a)から(d)を参照しながら詳しく説明する。

【0055】図9(a)は、ドライエッチングによって酸化シリコン膜52にコンタクトホール55が形成された状態のシリコン基板54の断面を示している。酸化シリコン膜52の上には、フォトレジストパターン51が形成されおり、コンタクトホール55の底部およびレジストパターン51上には、それぞれ、ポリマー膜56および57が堆積している。反応室内壁のフッ素供給源であるポリマー膜を分解し、フッ素を反応室内から除去するために、反応室内に酸素プラズマが生成される。上述したように、酸素プラズマの生成後しばらくの間、シリコン基板54にバイアス電圧は印加しない。

【0056】図9(a)に示すように、酸素プラズマ中には、酸素58の他にフッ素60が存在する。シリコン基板54にバイアス電圧を印加しないため、酸素58が基板表面のポリマー膜57およびコンタクトホール底部のポリマー膜56をエッチングする(放電開始後、0秒～35秒)。

【0057】図9(b)に示すように、コンタクトホール55の底部のポリマー膜56が酸素プラズマ中の酸素58によって完全に除去されると、僅かに残ったフッ素10が拡散層3のエッチングを開始する(放電開始後35秒～40秒)。

【0058】コンタクトホール55の底部のポリマー膜56が除去された後も、レジストパターン51上に堆積したポリマー膜57は未だ完全に除去されていない。このポリマー膜57を速やかに除去するため、シリコン基板54にバイアス電圧を印加する。バイアス電圧の印加を行わないと、ポリマー膜57の除去には非常に長い時間が必要となる。バイアス電圧をシリコン基板54に印加すると、ポリマー膜57は酸素58および酸素イオン59により速やかに除去される。このとき、酸素プラズマ中のフッ素10は排気されて既になくなっているので、拡散層53はフッ素10およびフッ素イオンによりエッチングされることはない。

【0059】本実施形態の場合、酸素プラズマ放電の開始から80秒経過すると、図9(d)に示されるように、ポリマー膜57およびレジストパターン51は完全に除去されるが、拡散層53は10nmしかエッチングされない。

【0060】以上のように、本実施形態によれば、酸素プラズマ中にフッ素が存在する間は、シリコン基板54にバイアス電圧を印加せず(フッ素除去処理工程)、フッ素が排気された後にシリコン基板54にバイアス電圧を印加する。こうして、フッ素およびフッ素イオンによる拡散層53のエッチングを抑制することができ、コン

タクト抵抗増加を防止できる。また、レジストパターン51上のポリマー膜57およびレジストパターン51も短時間で除去することができる。

【0061】(第2の実施形態)次に、本発明の第2の実施形態説明する。本実施形態のドライエッチング工程も、図3の装置を用いて実行する。

【0062】まず、図10を参照しながら本実施形態における処理手順図を説明する。

【0063】ステップS101で、コンタクトホールの形成を行う。

【0064】ステップS102で、反応室37に酸素ガスを導入する。

【0065】ステップS103で、酸素ガス圧力を圧力制御バルブ38の開度を調節して制御する。

【0066】ステップS104で、シリコン基板36が設置された下部電極33に高周波電力を印加せずに、コイル31に高周波電源により高周波電力を印加して酸素プラズマを生成する。

【0067】ステップS105で、酸素ガスの流量を段階的に增量させる。

【0068】ステップS106で、反応室37の内側壁に付着したフッ素およびコンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去する。

【0069】ステップS107で、シリコン基板36を支持する下部電極33に高周波電力を印加して、それによってシリコン基板36にバイアス電圧を印可する。その結果、酸素プラズマの酸素イオンをシリコン基板36に照射する。

【0070】ステップS108で、フォトレジスト表面に堆積していたポリマー膜を完全に除去する。

【0071】次に、本実施形態における酸素プラズマの生成方法を詳細に説明する。

【0072】図11は、酸素プラズマの放電時間に対する、酸素ガス流量の変化および反射電力の変化を示している。反射電力は、図3の装置の誘導コイル31に2500Wの高周波電力を印加した場合の値である。図11には、酸素ガスの流量を最初から300sccmの一定に維持した場合のデータを黒丸で表示し、酸素ガスの流量を150sccmから段階的に增量した場合のデータを白丸で表示している。

【0073】流量300sccmの酸素ガスを反応室内に導入しながら高周波電力を印加した場合、反射電力が100Wとなりマッチングがとれない。このため、酸素プラズマを維持することができなくなり、放電開始後約10秒で放電は終了する。これに対して、150sccmの低流量の酸素ガスを導入すると同時に高周波電力を印加し、徐々に酸素ガス流量を増加し、300sccmの高流量の酸素ガスを導入した場合(本実施形態)、マッチングがとれ、反射電力が5W以下と小さくなる。このため、酸素プラズマが安定的に生成・維持される。

【0074】図12は、酸素プラズマの放電時間に対するフッ素の発光強度の変化を示している。図12のデータは、図3のドライエッチング装置に発光分析装置を設置し、酸素プラズマ中のフッ素の波長(685, 6nm)の発光強度を測定することによって得た。図12からわかるように、酸素ガス流量が200scmの場合、放電開始後、フッ素が減少するまでに50秒の時間が必要だが、酸素ガス流量が300scmの場合、放電開始後40秒でフッ素の発光強度が充分に減衰している。すなわち、酸素ガス流量が300scmの場合、酸素プラズマ中のフッ素は放電開始後40秒間で除去されている。このことから、より大きな流量の酸素ガスを反応室内に供給しながら放電を行う方が、反応室内側壁のフッ素を早く除去できることがわかる。

【0075】図13は、酸素プラズマの放電時間に対する拡散層のエッチング量の変化を示している。図13のグラフにおいて、縦軸のマイナス値はポリマー膜の厚みを、プラス値は拡散層のエッチング量を示している。

【0076】酸素ガス流量が200scmの場合、放電開始後50秒間で反応室内側壁のフッ素がなくなるため、放電開始後35秒～50秒の間は、バイアス電力を印加していない。しかし、この場合でも、拡散層はフッ素によって18nmエッチングされる。放電開始後50秒経過後に、バイアス電力を印加することによって基板表面のポリマー膜を除去する。

【0077】酸素ガス流量が300scmの場合、放電開始後40秒間で反応室内側壁のフッ素がなくなるため、放電開始後35秒～40秒の間、バイアス電力を印加していない。この場合、拡散層がフッ素によって5nmエッチングされる。放電開始後40秒経過後に、バイアス電力を印加することによって基板表面のポリマー膜を除去する。

【0078】以上のことから、酸素ガスの流量が大きい場合、反応室内側壁のフッ素が短い時間で除去されるので、コンタクトホールエッチング後の酸素プラズマによる後処理時間を短縮することができる。その結果、拡散層のエッチングを抑制することができ、コンタクト抵抗の上昇を抑制できる。

【0079】本実施形態によれば、段階的に酸素ガスの流量を増量させることにより、コイル31に印加する高周波電力の反射波を抑え、高流量酸素ガスで安定したプラズマの生成・維持を実行できる。また、高流量酸素ガスを使用することにより、反応室37内の側壁のフッ素を多量の酸素で短時間に除去できるので、コンタクトエッチング後の酸素プラズマ処理時間を短縮することができる。その結果、拡散層のエッチングを抑制することができ、コンタクト抵抗を下げることができる。

【0080】(第3の実施形態)図14を参照しながら、本実施形態に用いるドライエッチング装置を説明する。図14の装置は、図3のドライエッチング装置と

基本的に同じ構造を有しており、異なる点は、図14の装置が、光ファイバー72、発光分析装置73、信号ライン74、および中央演算処理装置75を更に備えている点にある。

【0081】光ファイバー72は、反応室37のプラズマから放射される光を外部を取り出す機能を有している。発光分析装置73は、光ファイバー72を介して、プラズマから放射される光を受け取り、特定の波長範囲にあるスペクトラルの発光強度を測定することができる。中央演算処理装置75は、発光分析装置73の出力に基づいて演算を行い、特定波長範囲内の発光強度が所定範囲に変化した場合、必要な信号を信号ライン74を介して高周波電源34に与える。

【0082】本実施形態では、図14の装置でコンタクトエッチングを行った後、まず、反応室37にガスボンベ41から酸素ガスを導入し、コイル31に高周波電源32により高周波電力を印加してプラズマを生成する。次に、光ファイバー72で集めた光を、発光分析装置73で分光し、フッ素の発光強度を測定する。中央演算処理装置75は、フッ素の発光強度が測定限界以下に低下した時点を判定し、その時点で高周波電源34の動作開始用信号を信号ライン74を介して高周波電源34に送る。こうして、高周波電源34は動作を開始し、高周波電力を下部電極33に印加する。その結果、プラズマ中のエッチング種はシリコン基板36に引き込まれ、シリコン基板36上のポリマー膜がエッチングされる。中央演算処理装置75は、フッ素の発光が検知されている間、高周波電源34をオフ状態に保つようにプログラムされている。

【0083】図15を参照しながら、本実施形態における処理手順を説明する。

【0084】まず、ステップS151で、コンタクトホールの形成を行う。

【0085】ステップS152で、反応室37に酸素ガスを導入する。

【0086】ステップS153で、酸素ガス圧力を圧力制御バルブ38の開度を調節して制御する。

【0087】ステップS154で、シリコン基板36が設置された下部電極33に高周波電力を印加せずに、コイル31に高周波電源により高周波電力を印加して酸素プラズマを生成する。

【0088】ステップS155で、反応室37の内側壁に付着したフッ素およびコンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去しながら、酸素プラズマ中のフッ素(例えば波長685, 6nm)を発光分析装置73でモニターする。

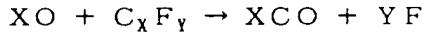
【0089】ステップS156で、フッ素の発光強度を検知できなくなれば、ステップS157で、シリコン基板36を支持する下部電極33に高周波電力を印加して、それによってシリコン基板36にバイアス電圧を印

可する。その結果、酸素プラズマの酸素イオンをシリコン基板36に照射する。

【0090】ステップS158で、フォトレジスト表面に堆積していたポリマー膜を完全に除去する。

【0091】図16は、酸素プラズマの放電時間と、フッ素の発光強度（波長685.6nm）および拡散層エッチング量との関係を示している。図16の下部分において、縦軸のマイナス値はポリマー膜の厚みを、プラス値は拡散層のエッチング量を示している。

【0092】本実施形態によれば、フッ素の発光強度が充分に減衰したことを確認してから、その後、シリコン基板にバイアス電圧を印加している。この場合、拡散層がほとんどエッチングされないことが図16からわかる。また、フッ素の発光強度の信号によりバイアス電源\*



ここで、XおよびYは自然数である。

【0096】フッ素、炭素、酸素、一酸化炭素および二酸化炭素のうちのいずれかの発光スペクトルを測定すれば、反応室内側壁上に堆積されたポリマー膜が除去されたかどうかを判断できる。反応室内側壁上に堆積されたポリマー膜が除去され、そのポリマー膜を構成する炭素、酸素、一酸化炭素および二酸化炭素などが反応室内から測定限度以下に減れば、そのときフッ素も反応室内から除去されたと判定できる。

【0097】なお、685.6nmの波長の発光がフッ素の発光スペクトルの中で最も強度が高いため、本実施形態では、波長685.6nmの発光を測定したが、フッ素の他の波長の発光を測定しても良いことは言うまでもない。

【0098】（第4の実施形態）図17を参照しながら、本実施形態に用いるドライエッチング装置を説明する。図17の装置は、図3のドライエッチング装置と基本的に同じ構造を有しており、異なる点は、図17の装置が、信号ライン82および中央演算処理装置83を更に備えている点にある。

【0099】本実施形態では、図17の装置でコンタクトエッチングを行った後、まず、反応室37にガスボンベ41から酸素ガスを導入し、コイル31に高周波電源32により高周波電力を印加してプラズマを生成する。次に、圧力制御バルブ38の開度を測定し、圧力制御バルブ38の開度が一定になった時点を、中央演算処理装置83で判定し、その時点で高周波電源34の動作開始用信号を高周波電源34に送る。こうして、高周波電源34は動作を開始し、高周波電力を下部電極33に印加する。その結果、プラズマ中のエッチング種（正電荷イオン）はシリコン基板36に引き込まれ、シリコン基板36上のポリマー膜が速やかにエッチングされる。

\*をオン／オフするので、フッ素除去に必要な時間が変動した場合でも、最適なタイミングで酸素プラズマによる基板処理を開始できる。

【0093】以上のように、本実施形態によると、フッ素の発光強度に基づいて基板に与えるバイアス電圧の開始タイミングを調整するため、フッ素の除去が効率的かつ確実に行える。

【0094】なお、本実施形態では、測定対象の発光スペクトルとして、フッ素の発光を用いたが、炭素および一酸化炭素の発光でもよい。コンタクトエッチング中に、反応室側壁には $C_x$ 、 $C_x F_y$ の結合状態でポリマー膜が堆積しており、酸素プラズマにより、以下の（1）ないし（4）の状態に分解され、排気される。

【0095】



【0100】図18を参照しながら、本実施形態における処理手順を説明する。

【0101】まず、ステップS181で、コンタクトホールの形成を行う。

【0102】ステップS182で、反応室37に酸素ガスを導入する。

【0103】ステップS183で、酸素ガス圧力を圧力制御バルブ38の開度を調節して制御する。

【0104】ステップS184で、シリコン基板36が設置された下部電極33に高周波電力を印加せずに、コイル31に高周波電源32により高周波電力を印加して酸素プラズマを生成する。

【0105】ステップS185で、反応室37の内側壁に付着したフッ素およびコンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去しながら、圧力制御バルブ38の開度をモニターする。

【0106】ステップS186で、開度が一定になったことを検知できれば、ステップS187で、シリコン基板36を支持する下部電極33に高周波電力を印加して、それによってシリコン基板36にバイアス電圧を印可する。その結果、酸素プラズマの酸素イオンをシリコン基板36に照射する。

【0107】ステップS188で、フォトレジスト表面上に堆積していたポリマー膜を完全に除去する。

【0108】図19は、酸素プラズマの放電時間と、圧力制御バルブ38の開度および拡散層エッチング量との関係を示している。図19の下部分において、縦軸のマイナス値はポリマー膜の厚みを、プラス値は拡散層のエッチング量を示している。

【0109】本実施形態では、圧力制御バルブ38の開度が一定になった後、シリコン基板36にバイアス電圧を印加する。あとで説明するように、圧力制御バルブ3

8の開度が一定になったときが、反応室37内のフッ素がなくなったときに一致する。図19から、本実施形態によれば、拡散層がほとんどエッチングされないことがわかる。

【0110】次に、圧力制御バルブ38の開度が一定になったときが、反応室内のフッ素がなくなったときに対応する理由を説明する。

【0111】コンタクトエッチング後、酸素プラズマを生成すると、反応室37内の側壁に付着したフッ素が酸素プラズマ中に放出される。その結果、反応室37内の圧力が上昇する。すると、圧力を一定に制御するために、圧力制御バルブ38の開度が大きくなる。その後、フッ素が徐々に減少すると、反応室37内の圧力が徐々に低下する。それに伴って、圧力制御バルブ38の開度は徐々に小さくなり、やがて一定になる。このことから、圧力制御バルブ38の開度によりフッ素量の変化をモニターできることがわかる。

【0112】本実施形態では、圧力制御バルブ38の開度によりフッ素量の変化をモニターし、中央演算処理装置83が圧力制御バルブ38の開度が一定になったことを検知した時点でのバイアス電圧のシリコン基板への印加を開始するので、効率の良いフッ素の除去が行える。また、圧力制御バルブ38の開度に基づいてバイアス電圧用高周波電源のオンオフを制御するので、フッ素除去に必要な時間が変動した場合でも、最適なタイミングで酸素プラズマによる基板処理を開始できる。

【0113】(第5の実施形態)図20を参照しながら、本実施形態に用いるドライエッチング装置を説明する。図20の装置は、図3のドライエッチング装置と基本的に同じ構造を有しており、異なる点は、図20の装置が、電圧計92、信号ライン93および中央演算処理装置94を更に備えている点にある。

【0114】本実施形態では、図20の装置でコンタクトエッチングを行った後、まず、反応室37にガスポンペ41から酸素ガスを導入し、コイル31に高周波電源32により高周波電力を印加してプラズマを生成する。次に、電圧計92で下部電極33の電圧を測定し、測定電圧が一定になった時点を中央演算処理装置83で判定し、その時点で高周波電源34の動作開始用信号を信号ライン93を介して高周波電源34に送る。こうして、高周波電源34は動作を開始し、高周波電力を下部電極33に印加する。その結果、プラズマ中のエッチング種(正電荷イオン)はシリコン基板36に引き込まれ、シリコン基板36上のポリマー膜がエッチングされる。

【0115】図21を参照しながら、本実施形態における処理手順を説明する。

【0116】まず、ステップS211で、コンタクトホールの形成を行う。

【0117】ステップS212で、反応室37に酸素ガスを導入する。

【0118】ステップS213で、酸素ガス圧力を圧力制御バルブ38の開度を調節して制御する。

【0119】ステップS214で、シリコン基板36が設置された下部電極33に高周波電力を印加せずに、コイル31に高周波電源32により高周波電力を印加して酸素プラズマを生成する。

【0120】ステップS215で、反応室37の内側壁に付着したフッ素およびコンタクトホール底部に堆積したポリマー膜を除去しながら、下部電極33の電圧をモニターする。

【0121】ステップS216で、下部電極33の電圧が一定になったならば、ステップS217で、下部電極33に高周波電力を印加して、それによってシリコン基板36にバイアス電圧を印可する。その結果、酸素プラズマの酸素イオンをシリコン基板36に照射する。

【0122】ステップS218で、フォトレジスト表面に堆積していたポリマー膜を完全に除去する。

【0123】次に、本実施形態によるドライエッチング方法を行ったときの拡散層のエッチング量の測定結果を示す。

【0124】図22は酸素プラズマの放電時間と、下部電極33の電圧および拡散層エッチング量との関係を示している。

【0125】図22の下部分において、縦軸のマイナス値はポリマー膜の厚みを、プラス値は拡散層のエッチング量を示している。本実施形態では、下部電極33の電圧が一定になった後、シリコン基板36にバイアス電圧を印加する。あとで説明するように、下部電極33の電圧が一定になったときが、反応室37内のフッ素がなくなったときに一致する。図22から、本実施形態によれば、拡散層がほとんどエッチングされないことがわかる。

【0126】次に、下部電極33の電圧が一定になったときが反応室37内のフッ素がなくなったときに対応する理由を説明する。

【0127】コンタクトエッチング後、酸素プラズマを生成すると、反応室37内の側壁に付着したフッ素が酸素プラズマ中に放出される。その結果、反応室37内のプラズマの圧力が上昇し、プラズマ密度が高くなる。プラズマ密度が高くなると、プラズマの抵抗は低くなる。上部電極35をアース、プラズマを抵抗体とみなし、下部電極33に流入する電流を一定と仮定した場合、プラズマの抵抗が小さくなると、高周波電源34からプラズマに印加されている電圧は高くなる。これに対して、フッ素が排気され、プラズマの圧力が下がると、プラズマ密度が小さくなるため、プラズマに印加される電圧は低下する。従って、下部電極33の電圧は、フッ素が酸素プラズマ中に放出された直後に高い値を示し、その後、フッ素の排気に伴い低下する。フッ素が完全に反応室37から排気されると、下部電極33の電圧は一定と

なる。このことから、下部電極33の電圧によってフッ素量の変化をモニターできることがわかる。本実施形態の中央演算処理装置94は、下部電極33の電圧が一定になったことを検知すると、高周波電源34の動作を開始し、シリコン基板36へのバイアス電圧の印加を開始する。

【0128】このように本実施形態によると、下部電極33の電圧を測定し、その電圧が一定になったという信号に応じて高周波電源34の動作を開始させ、それによってシリコン基板へのバイアス電圧の印加を開始する。このため、効率の良いフッ素の除去が行え、また、フッ素除去に必要な時間が変動した場合でも、最適なタイミングで酸素プラズマによる基板のイオン照射処理を開始できる。

【0129】なお、上記各実施形態では、被加工基板としてシリコン基板を用いてきたが、本発明の適用はこれに限定されない。表面にシリコン層が形成された絶縁性基板、例えば、多結晶シリコン膜が形成されたガラス基板を用いて半導体装置を製造する場合にも本発明の製造方法は有効である。本願明細書における「半導体装置」は、半導体基板を不可欠の要素として有するものに限定されない。

#### 【0130】

【発明の効果】本発明によれば、プラズマエッチング装置の反応室内に設けられた電極上に基板を配置し、基板にバイアス電圧を与えるながら、フルオロカーボンガスを含むガスから生成したプラズマを用いて酸化膜をエッチングする工程と、基板にバイアス電圧を与えない状態で、反応室内に酸素プラズマを生成し、それによって反応室からフッ素を除去するフッ素除去処理工程とを包含しているため、酸化膜エッチング工程中に反応室内壁に付着したポリマーを分解し、その中のフッ素を反応室から除去することができる。その結果、酸化膜のエッチングにより露出したシリコン表面が、反応室内壁のポリマーから供給されたフッ素によって過剰にエッチングされるおそれがなくなる。このため、酸化膜エッチングの後に、基板にバイアス電圧を印可しながら酸素プラズマによる基板表面処理を行うことが可能となる。従って、本発明の酸化膜エッチングによってコンタクトホールを形成すれば、低抵抗の微細コンタクトを再現性良く形成することができる。

【0131】フッ素を反応室から除去するためのフッ素除去処理工程から、基板上に残存するポリマーを除去するための酸素プラズマ処理工程への切り替えを、酸素プラズマを生成しながら、基板を支持する電極にバイアス電圧を印加することによって実行するようにすれば、酸素プラズマを安定に維持しながら両工程を連続して速やかに実行することができる。

【0132】酸素プラズマに含まれる特定の原子または分子の発光スペクトル強度を測定し、測定された発光ス

ペクトル強度に基づいて、バイアス電圧の印加タイミングを決定するようすれば、フッ素が反応室から除去されたタイミングにあわせて、効率的な処理が可能となる。

【0133】反応室内のガス圧力を制御するバルブの開度を測定し、開度に基づいて、バイアス電圧の印加タイミングを決定すること、および、基板を支持する電極の電圧を測定し、測定される電圧に基づいて、バイアス電圧の印加タイミングを決定することによっても、フッ素が反応室から除去されたタイミングにあわせて、効率的な処理が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)から(d)は拡散層のフッ素によるエッチングの原理を説明する図。

【図2】酸素プラズマの放電時間と拡散層のエッチング量との関係を示すグラフ。

【図3】本発明の第1および第2の実施形態で使用するプラズマエッチング装置の概略図。

【図4】本発明の第1の実施形態における半導体装置の製造方法の処理工程を説明する図。

【図5】(a)および(b)は、コンタクトホールを形成するためのエッチング工程を示す断面図。

【図6】酸素プラズマの放電時間とフッ素の発光強度との関係を示すグラフ。

【図7】酸素プラズマの放電時間と拡散層のエッチング量との関係を示すグラフ。

【図8】拡散層のエッチング量とコンタクト抵抗との関係を示すグラフ。

【図9】(a)から(d)は、本発明の第1の実施形態において、拡散層のエッチングが進行しない原理を説明するための図。

【図10】本発明の第2の実施形態における半導体装置の製造方法の処理工程を説明する図。

【図11】酸素プラズマの放電時間と、酸素のガス流量とおよび反射電力との関係を示すグラフ。

【図12】酸素プラズマの放電時間とフッ素の発光強度と関係を示すグラフ。

【図13】酸素プラズマの放電時間と拡散層のエッチング量との関係を説明するグラフ。

【図14】本発明の第3の実施形態に用いるエッチング装置の概略図。

【図15】本発明の第3の実施形態における半導体装置の製造方法の処理工程を説明する図。

【図16】酸素プラズマの放電時間とフッ素の発光強度および拡散層のエッチング量との関係を示すグラフ。

【図17】本発明の第4の実施形態に用いるエッチング装置の概略図。

【図18】本発明の第4の実施形態における半導体装置の製造方法の処理工程を説明する図。

【図19】酸素プラズマの放電時間と圧力制御バルブの

開度および拡散層のエッチング量との関係を示すグラフ。

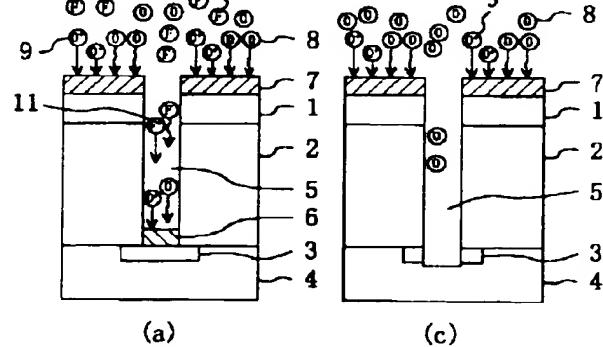
【図20】本発明の第5の実施形態に用いるエッチング装置の概略図。

【図21】本発明の第5の実施形態における半導体装置の製造方法の処理工程を説明する図。

【図22】酸素プラズマの放電時間と下部電極の電圧および拡散層のエッチング量との関係を示すグラフ。

【符号の説明】

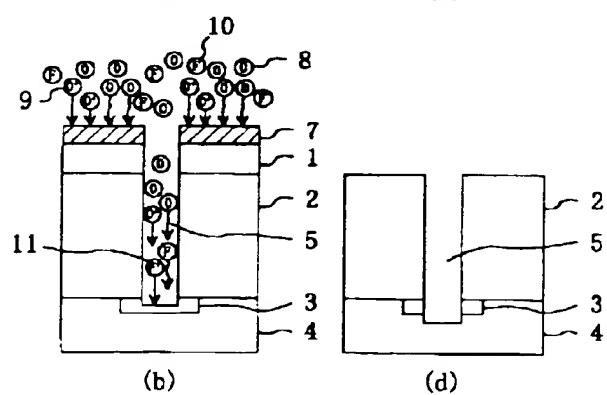
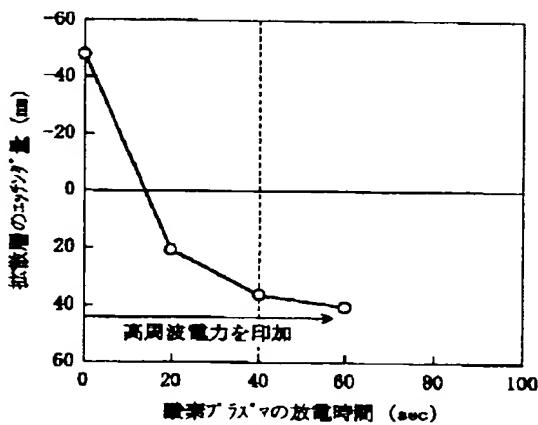
- |                    |    |             |
|--------------------|----|-------------|
| 1 フォトレジスト          | 10 | シリコン基板      |
| 2 BPSG膜            | 36 | 反応室         |
| 3 拡散層              | 37 | 圧力制御バルブ     |
| 4 シリコン基板           | 38 | ターボ分子ポンプ    |
| 5 コンタクトホール         | 39 | ドライポンプ      |
| 6 コンタクトホール底部のポリマー膜 | 40 | ガスポンベ       |
| 7 基板表面のポリマー膜       | 41 | フォトレジストパターン |
| 8 酸素               | 51 | BPSG膜       |
| 9 酸素イオン            | 52 | 不純物拡散層      |
| 10 フッ素             | 53 | シリコン基板      |
| 11 フッ素イオン          | 54 | コンタクトホール    |
| 31 コイル             | 55 | ポリマー膜       |
| 32 高周波電源           | 56 | ポリマー膜       |
| 33 下部電極            | 57 | 酸素          |
| 34 高周波電源           | 58 | フッ素         |
| 35 上部電極            | 60 | 光ファイバー      |



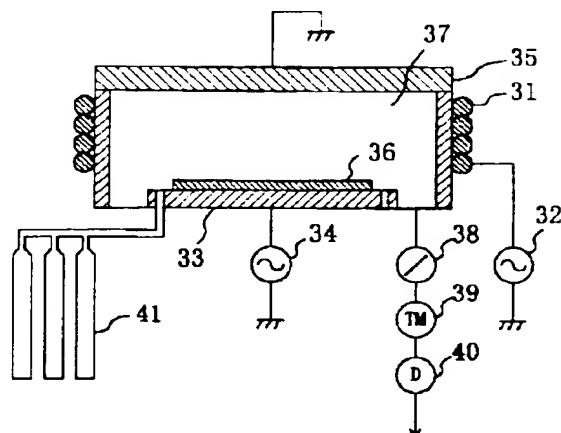
【図1】

- |                |    |             |
|----------------|----|-------------|
| 36 シリコン基板      | 10 | シリコン基板      |
| 37 反応室         | 36 | 反応室         |
| 38 圧力制御バルブ     | 37 | 圧力制御バルブ     |
| 39 ターボ分子ポンプ    | 38 | ターボ分子ポンプ    |
| 40 ドライポンプ      | 39 | ドライポンプ      |
| 41 ガスポンベ       | 40 | ガスポンベ       |
| 51 フォトレジストパターン | 41 | フォトレジストパターン |
| 52 BPSG膜       | 51 | BPSG膜       |
| 53 不純物拡散層      | 52 | 不純物拡散層      |
| 54 シリコン基板      | 53 | シリコン基板      |
| 55 コンタクトホール    | 54 | コンタクトホール    |
| 56 ポリマー膜       | 55 | ポリマー膜       |
| 57 ポリマー膜       | 56 | ポリマー膜       |
| 58 酸素          | 57 | 酸素          |
| 60 フッ素         | 58 | フッ素         |
| 72 光ファイバー      | 60 | 光ファイバー      |
| 73 発光分析装置      | 72 | 発光分析装置      |
| 74 信号ライン       | 73 | 信号ライン       |
| 75 中央演算処理装置    | 74 | 中央演算処理装置    |
| 82 信号ライン       | 75 | 信号ライン       |
| 83 中央演算処理装置    | 82 | 中央演算処理装置    |
| 92 電圧計         | 83 | 電圧計         |
| 93 信号ライン       | 92 | 信号ライン       |
| 94 中央演算処理装置    | 93 | 中央演算処理装置    |

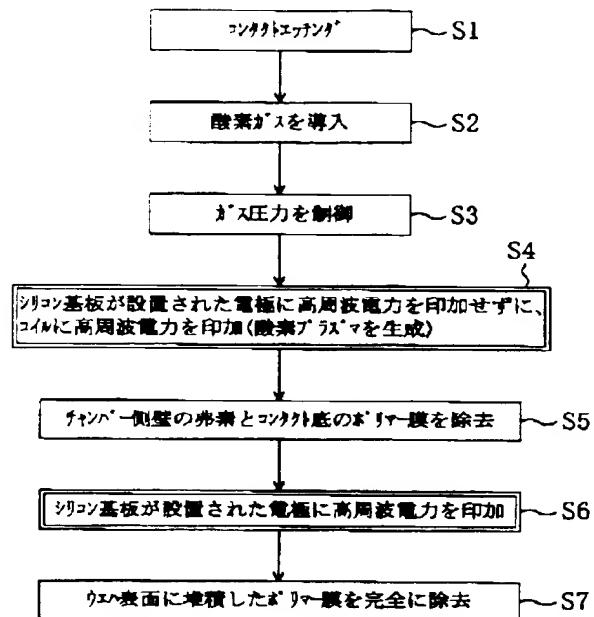
【図2】



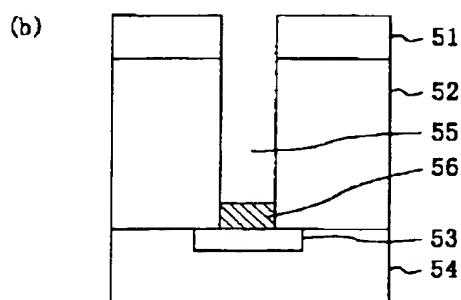
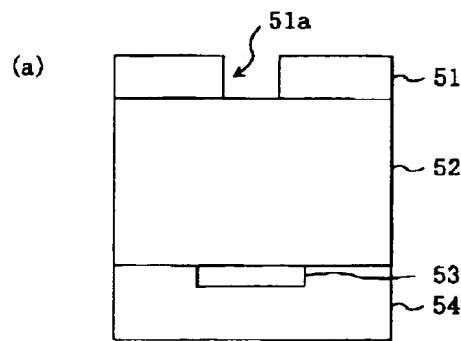
【図3】



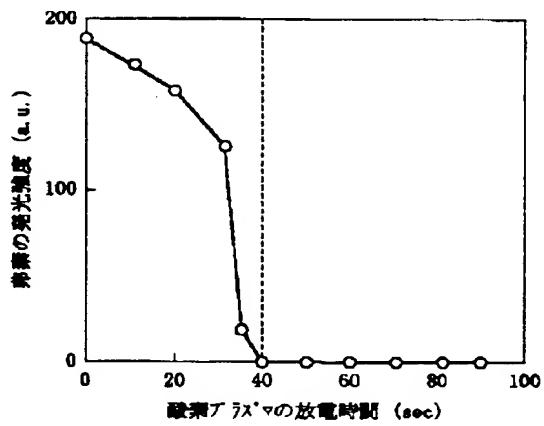
【図4】



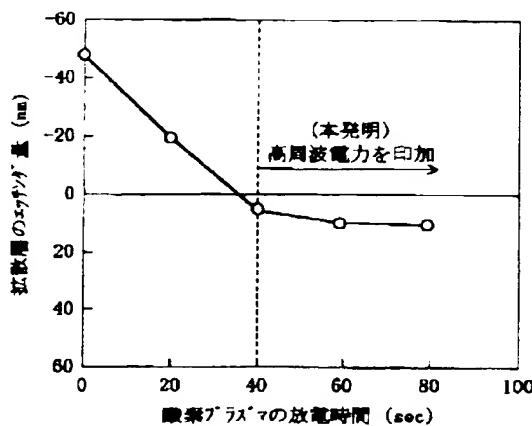
【図5】



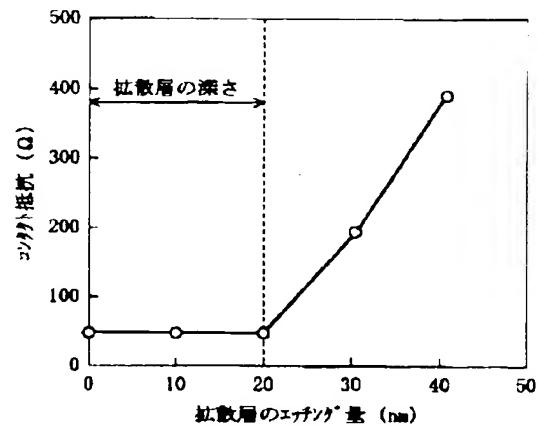
【図6】



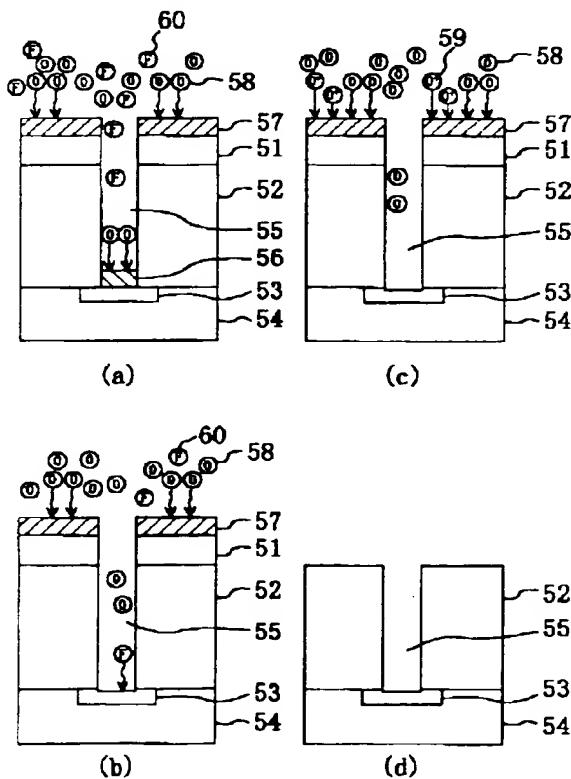
【図7】



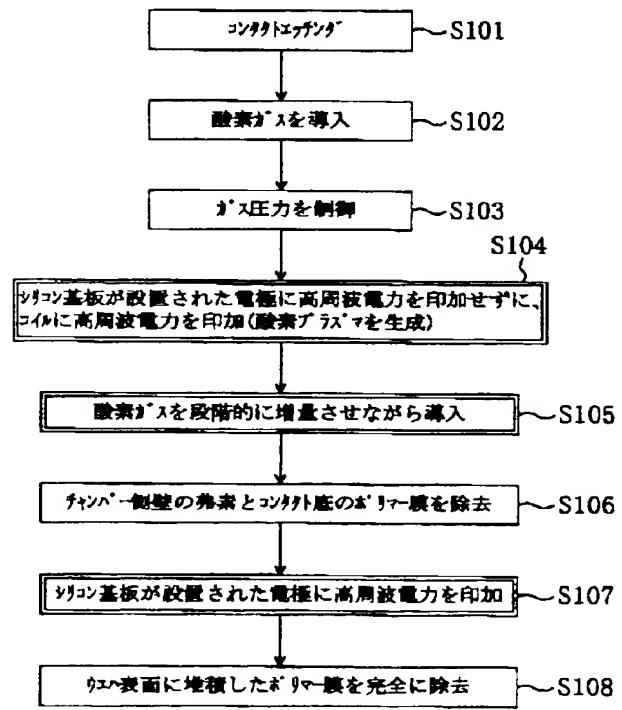
【図8】



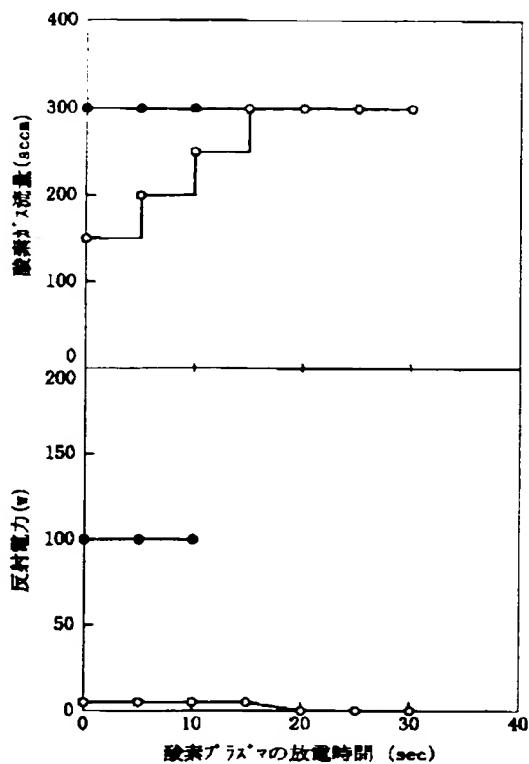
【図9】



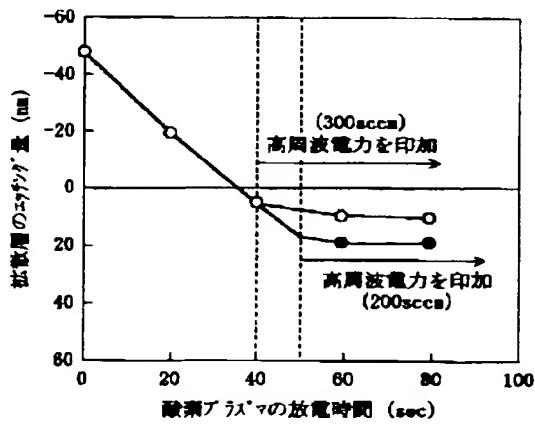
【図10】



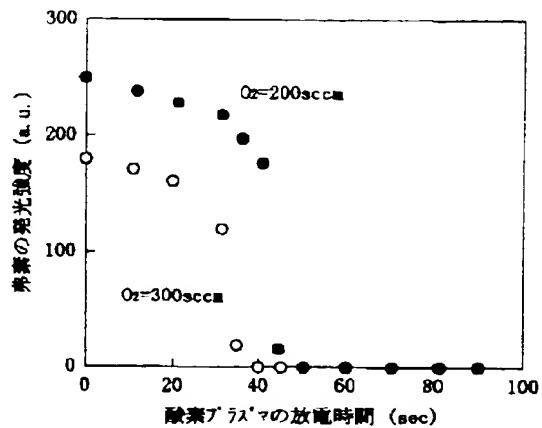
【図11】



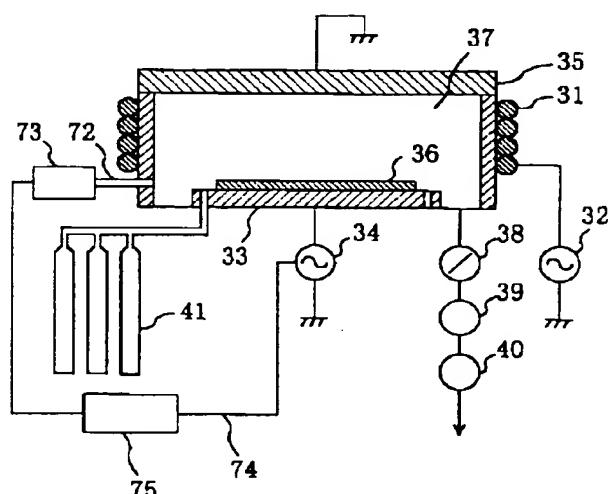
【図13】



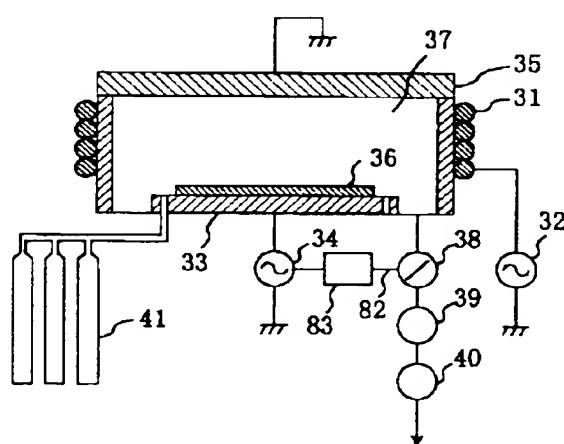
【図12】



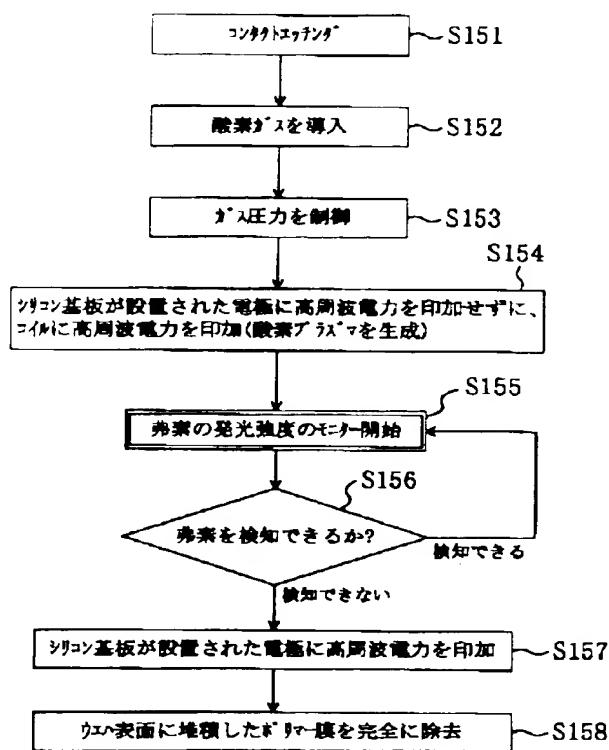
【図14】



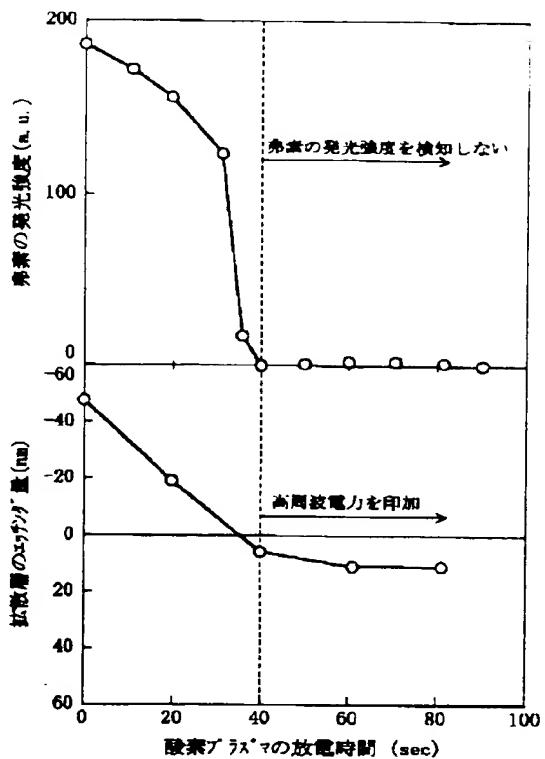
【図17】



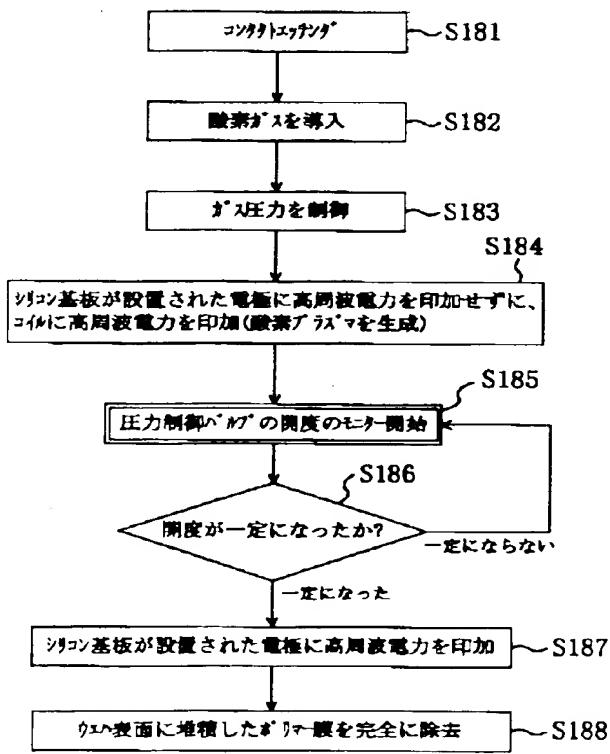
【図15】



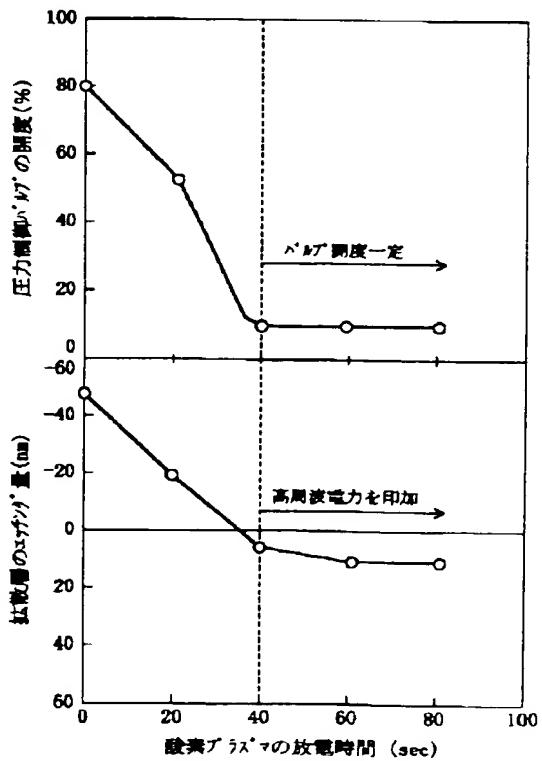
【図16】



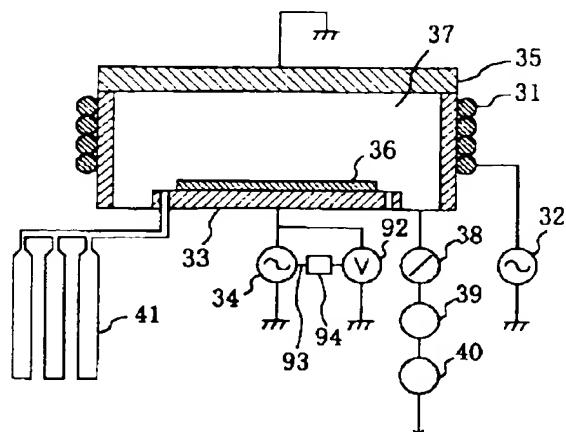
【図18】



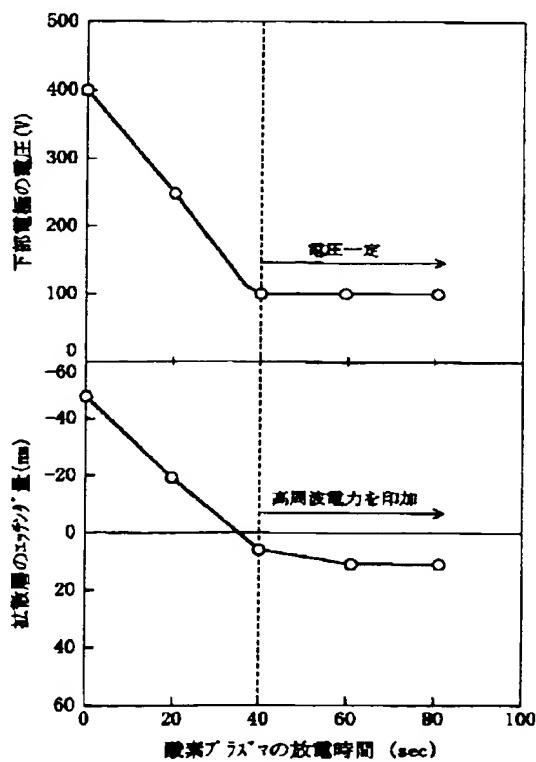
【図19】



【図20】



【図22】



【図21】

